

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

23.04.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年11月29日

REC'D 20 JUN 2003

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-348649

WIPO

PCT

[ST.10/C]:

[JP 2002-348649]

出 願 人

Applicant(s):

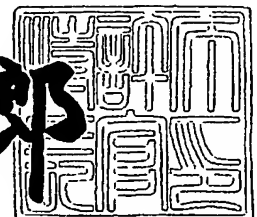
J F E スチール株式会社

PRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 6月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3042135

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J00868

【提出日】 平成14年11月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23K 11/25

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社
技術研究所内

【氏名】 児玉 俊文

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社
技術研究所内

【氏名】 鈴木 平

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県半田市川崎町一丁目 1 番地 川崎製鉄株式会社
技術研究所内

【氏名】 岡部 能知

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県半田市川崎町一丁目 1 番地 川崎製鉄株式会社
知多製造部内

【氏名】 竹村 泰昌

【特許出願人】

【識別番号】 000001258

【氏名又は名称】 川崎製鉄株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080458

【弁理士】

【氏名又は名称】 高矢 諭

【選任した代理人】

【識別番号】 100076129

【弁理士】

【氏名又は名称】 松山 圭佑

【選任した代理人】

【識別番号】 100089015

【弁理士】

【氏名又は名称】 牧野 剛博

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006943

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803081

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電縫溶接管のビード形状検出方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電縫溶接管の溶接によるビード部を含む管表面にスリット光を照射あるいは点状光を走査し、前記ビード部を含む管表面に照射されたスリット光の像あるいは走査された点状光の軌跡の像を前記スリット光の照射方向と異なる角度から撮像して得られる画像に所定の画像処理を施すことにより該電縫溶接管のビード形状を検出する電縫溶接管のビード形状検出方法において、

画像処理の結果算出したビード部を含む管表面の形状データに対し、予め設定したビード部左右両端の境界と、別途算出したビード部の頂点位置とにより、ビード部に相当する部分の管表面の形状データを求め、

該ビード部に相当する部分の管表面の形状データを左右 2 つの領域に分け、

左右それぞれの形状データについて、関数により近似して左右それぞれのビード形状の近似関数を求め、

さらに、ビード部を含む管表面の形状データからビード部に相当する部分の管表面の形状データを除いた素管形状データについて、関数により近似して素管形状の近似関数を求め、

前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記素管形状の近似関数とに基づいて、少くともビードの幅、高さ、立上がり角、ビード部と素管部の左右境界の段差のいずれか一つを算出することを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記左右それぞれのビード形状の近似関数を、2 つ以上の相異なる傾きをもつ直線を連結した関数とし、各連結点の位置、それぞれの直線の傾きと切片をパラメータとして、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記ビード部を含む管表面の形状データとの誤差とを最小とするように算出することを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記素管形状の近似関数との交点をビード部両端の境界として算出し、それに基づいて、少くともビードの幅、立上がり角およびビード部と素管形状の左右境界の段差のいずれか一つを算出することを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、前記ビード部の頂点の電縫溶接管横断方向位置における、前記ビード形状の近似関数の値と、前記素管形状の近似関数の値との差をビード高さとして算出することを特徴とする、電縫溶接管の溶接ビード高さ検出方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記素管形状の近似関数との交点をビード部両端の境界として算出し、算出した交点の電縫溶接管横断方向位置における、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と前記素管形状の近似関数の微分係数をそれぞれ算出し、それに基づいて左右ビードの立上がり角をそれぞれ算出することを特徴とする、電縫溶接管の溶接ビードの立上がり角検出方法。

【請求項 6】

電縫溶接管の溶接部を含む管表面にスリット光を照射あるいは点状光を走査する投光手段と、

前記投光手段から前記溶接部を含む管表面に照射された像を前記投光手段と異なる角度から撮像する撮像手段と、

前記撮像手段により得られる画像に所定の画像処理を施すことにより該電縫溶接管のビード形状を算出するビード形状算出手段と、

前記ビード形状算出手段により算出されたビード形状データに基いて、ビードの頂点位置およびビード部とビード部を除いた素管部との境界位置をそれぞれ算出する頂点位置設定回路およびビード範囲設定回路と、

前記頂点位置設定回路およびビード範囲設定回路の出力する頂点位置および該頂点位置を挟んだ左右の境界位置に基いて、左右それぞれのビード形状の近似関

数を算出するビード形状近似回路と、

前記ビード範囲設定回路の出力する左右の境界位置より外側の素管形状データに基づいて、素管形状の近似関数を算出する素管形状近似回路と、

前記ビード形状近似回路が出力する左右それぞれのビード形状の近似関数と、素管形状近似回路が出力する素管形状の近似関数との交点を、左右の境界位置として再設定するビード範囲再設定回路と、

前記ビード範囲設定回路、ビード形状近似回路、素管形状近似回路のそれぞれの出力に基づいて、少くともビードの幅、高さ、立上がり角、ビード部と素管部の左右境界の段差のいずれか一つを算出する特徴量算出回路と、

を備えたことを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は電縫溶接管のビード形状の検出方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、電縫溶接管（以下、本文中では略して「電縫管」と称している箇所がある）、例えば電縫鋼管は、鋼帯等の金属帯（金属板を含む）を管状に成形しながら長手方向に搬送し、該鋼帯等の金属帯の両幅端を高周波誘導加熱圧接や抵抗加熱圧接等の手段で長手方向に連続的に突き合わせ溶接することによって製造されている。

【0003】

この電縫管の溶接部には、圧接による盛り上がり、すなわち溶接ビード（以下、略して「ビード」と称している箇所もある）が管内外面に生じる。このビードは管製造の過程で切削されるものの、このビードの切削前の盛り上がり形状（幅、高さ等）が最終製品段階での溶接部強度と関係を持つことが従来より知られている。このため、従来より溶接工程において作業員が溶接後のビードを目で見ながら溶接電流等を調節しているが、このような作業形態では適切とされるビードの形状が作業員のそのときの主観に委ねられることから、作業員間での差異や時

間的なばらつきが発生し、普遍性、再現性が低下するという問題があった。このため、種々の方法によってビード形状を自動計測する試みがなされている。従来の鋼管溶接ビード検出方法あるいは装置に関する発明は、機械的方法、光学的方法などが提案されている。

【0004】

機械的方法としては、例えば特許文献1に、走行するパイプの外面溶接部の振れを接触式ローラーで検知する方法が提案されている。

【0005】

【特許文献1】

特公昭59-2593号公報

【0006】

また、光学的な方法としては、特許文献2に開示されているように、ビードカット前の、移動中の素管にスリット光を照射して得られる光切断プロファイルを光学的に受像し、得られた光切断プロファイル受像信号から溶接部のビードの幅と高さを検出し、かくして得られたビードの幅と高さの検出値に基づいて溶接部のメタルフロー角度を演算する、電縫管のメタルフロー角度測定方法が提案されている。

【0007】

【特許文献2】

特公昭60-7586号公報

【0008】

また、特許文献3においては、ビードカット前の、移動中の素管の溶接部にスリット光を照射して得られる光切断プロファイルを光学的にそれぞれ受像し、得られた光切断プロファイル受像信号から前記溶接部のビードの立上り位置を基準とする前記ビードの最大高さの $\frac{3}{4}$ ～ $\frac{1}{3}$ の範囲内の所定高さに該当する前記ビードの表面位置を検出し、かくして得られた前記所定高さに該当する前記ビードの表面位置における前記立上り位置からの水平距離と前記所定高さとに基づいて、前記溶接部のメタルフロー角度を演算する、電縫溶接管の溶接部メタルフロー角度測定方法が提案されている。

【0009】

【特許文献3】

特公昭60-25234号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許文献1に開示のような接触式ローラーと速度計を併用した場合、ビードの高さが長手方向にほぼ一定でその凹凸が比較的急峻であることが必要であり、ビードの凹凸が非常に滑らかな場合やビードの高さが低い場合、ビードの高さが長手方向に一定でない場合などには正確な検出ができないという問題があった。

【0011】

また、特許文献2においては、溶接ビードの形が台形であるとみなして、その幅と高さの比とメタルフロー角度の関係が実験式に基づく形状指数演算回路によって算出されることになっているが、近年の溶接技術の進歩によりビードの立上がり角度は小さくなっており、また板厚や用途などによっても最適とされる立上がり角度が変化するので、それぞれの場合に検量線を実験的に求め切り替えて運用するのは非常に煩雑になる、という問題があった。

【0012】

また、特許文献3においては、前述の問題に加えて、ビードの高さの $3/4$ 、 $1/3$ でのビード幅の情報を利用しているために、ビードの形状が3角形や台形から外れた形状の場合、例えば、高さの $1/3 \sim 3/4$ の部分が垂直である場合には、メタルフロー演算の分母がゼロとなって演算結果が異常になってしまう、という問題があった。

【0013】

また、溶接ビード部を含む管の横断方向（軸と垂直方向の）形状を検出し、その微分値によってビード位置や立上がり角度を算出する方法も考えられるが、このような方法では、検出した形状データにノイズが乗っている場合に、微分演算によりそれが強調され、ビード形状の誤検出や立上がり角算出の誤差が大きくなってしまふ、という問題があった。

【 0 0 1 4 】

この発明は、以上説明してきたような従来技術の問題を解決すべくなされたもので、光切断法により検出される電縫溶接管の形状データから、精度よくビード形状を検出することを課題とするものである。

【 0 0 1 5 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明は、電縫溶接管の溶接によるビード部を含む管表面にスリット光を照射あるいは点状光を走査し、前記ビード部を含む管表面に照射されたスリット光の像あるいは走査された点状光の軌跡の像を前記スリット光の照射方向と異なる角度から撮像して得られる画像に所定の画像処理を施すことにより該電縫溶接管のビード形状を検出する電縫溶接管のビード形状検出方法において、画像処理の結果算出したビード部を含む管表面の形状データに対し、予め設定したビード部左右両端の境界と、別途算出したビード部の頂点位置とにより、ビード部に相当する部分の管表面の形状データを求め、該ビード部に相当する部分の管表面の形状データを左右 2 つの領域に分け、左右それぞれの形状データについて、関数により近似して左右それぞれのビード形状の近似関数を求め、さらに、ビード部を含む管表面の形状データからビード部に相当する部分の管表面の形状データを除いた素管形状データについて、関数により近似して素管形状の近似関数を求め、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記素管形状の近似関数とに基づいて、少くともビードの幅、高さ、立上がり角、ビード部と素管部の左右境界の段差のいずれか一つを算出することにより前記課題を解決したものである。

【 0 0 1 6 】

請求項 2 の発明は、請求項 1 の発明において、前記左右それぞれのビード形状の近似関数を、2 つ以上の相異なる傾きをもつ直線を連結した関数とし、各連結点の位置、それぞれの直線の傾きと切片をパラメータとして、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記ビード部を含む管表面の形状データとの誤差とを最小とするように算出することを特徴とするものである。

【 0 0 1 7 】

請求項 3 の発明は、請求項 1 又は 2 の発明において、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記素管形状の近似関数との交点をビード部両端の境界として算出し、それに基づいて、少くともビードの幅、立上がり角およびビード部と素管形状の左右境界の段差のいずれか一つを算出するようにしたものである。

【 0 0 1 8 】

請求項 4 の発明は、請求項 1 乃至 3 のいずれかの発明において、前記ビード部の頂点の電縫溶接管横断方向位置における、前記ビード形状の近似関数の値と、前記素管形状の近似関数の値との差をビード高さとして算出することを特徴とする、電縫溶接管の溶接ビード高さ検出方法を提供するものである。

【 0 0 1 9 】

請求項 5 の発明は、請求項 1 乃至 3 のいずれかの発明において、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記素管形状の近似関数との交点をビード部両端の境界として算出し、算出した交点の電縫溶接管横断方向位置における、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と前記素管形状の近似関数の微分係数をそれぞれ算出し、それに基づいて左右ビードの立上がり角をそれぞれ算出することを特徴とする、電縫溶接管の溶接ビードの立上がり角検出方法を提供するものである。

【 0 0 2 0 】

請求項 6 の発明は、電縫溶接管の溶接部を含む管表面にスリット光を照射あるいは点状光を走査する投光手段と、前記投光手段から前記溶接部を含む管表面に照射された像を前記投光手段と異なる角度から撮像する撮像手段と、前記撮像手段により得られる画像に所定の画像処理を施すことにより該電縫溶接管のビード形状を算出するビード形状算出手段と、前記ビード形状算出手段により算出されたビード形状データに基いて、ビードの頂点位置およびビード部とビード部を除いた素管部との境界位置をそれぞれ算出する頂点位置設定回路およびビード範囲設定回路と、前記頂点位置設定回路およびビード範囲設定回路の出力する頂点位置および該頂点位置を挟んだ左右の境界位置に基いて、左右それぞれのビード形状の近似関数を算出するビード形状近似回路と、前記ビード範囲設定回路の出力する左右の境界位置より外側の素管形状データに基いて、素管形状の近似関数を

算出する素管形状近似回路と、前記ビード形状近似回路が出力する左右それぞれのビード形状の近似関数と、素管形状近似回路が出力する素管形状の近似関数との交点を、左右の境界位置として再設定するビード範囲再設定回路と、前記ビード範囲設定回路、ビード形状近似回路、素管形状近似回路のそれぞれの出力に基づいて、少くともビードの幅、高さ、立上がり角、ビード部と素管部の左右境界の段差のいずれか一つを算出する特徴量算出回路と、を備えたことを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出装置を提供するものである。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

【0022】

図1は、本発明にかかる電縫溶接管のビード形状検出装置の構成例を示す概略図である。図1において、200は電縫管、10は投光手段、20は撮像手段、30はビード形状算出手段、40はデータ処理装置、50は表示装置である。

【0023】

前記投光手段10としては、レーザーやランプ等の発光素子が放射する光をシリンドリカルレンズ等で平面状に収束させたスリット光源か、照射位置で点状に収束するような光をミラー等で幅方向に走査するような走査点光源を用いればよいが、好適には半導体発光素子（LED）とレンズ系を一体にした小型のスリット光源を用いるのが望ましい。スリットの幅も溶接ビードの高さに比べ十分小さいことが望ましく、好適には50 μ m以下であることが望ましいが、最終的には被測定部位の形状は後述の画像処理により1本の線として算出されるのでこれは必須ではない。

【0024】

前記撮像手段20としては、ITVカメラやPSD（光学的位置検出素子）を利用することができるが、後続の画像処理装置へのデータ変換を考慮すると、CCDカメラを用いるのが好適である。また、図では省略しているが、照射光を結像させるためのレンズ系、受光光量を適切な範囲に調節する絞りやシャッター機構などは一般的に適切なものを選択して装着させればよい。ここで、投光手段1

0として点光源を走査させる形式を採用した場合には、光が少なくとも1回は幅方向の全範囲を照射する間は露光させることが必要となる。この条件を満たし、かつ走査が完了する間に管およびビード形状がほぼ定常であれば、採取された画像はスリット光の場合も点光源走査の場合も同等となるので、以下ではスリット光源の場合のみを説明する。

【 0 0 2 5 】

前記投光手段10からの光の入射角 α および撮像手段20の配置角度 β は、($\alpha + \beta$)が略 90° であることが望ましく、カメラの画素数および視野は、ビード部の幅および必要な分解能に基づいて決定すればよい。本発明では投光手段10からのスリット光の照射角度 $\alpha = 60^\circ$ 、撮像角度 $\beta = 30^\circ$ 、視野の範囲を幅 \times 高さ $= (25\text{mm} \times 20\text{mm})$ 、画素数は横 \times 縦 $= 640 \times 480$ 画素を好適値として用いた。これにより、高さ方向の分解能は、

$$20/480 * \cos(60^\circ) / \sin(60^\circ + 30^\circ) = 0.0209(\text{mm})$$

また、幅方向の分解能は

$$25/640 = 0.0391(\text{mm})$$

となり、本実施例においては、幅方向(管横断方向) $40\mu\text{m}$ 、高さ方向(管軸方向) $20\mu\text{m}$ の分解能でビード形状を検出可能である。

【 0 0 2 6 】

前記ビード形状算出手段30は、スリット光の像を適切な画像処理手段により1本の線にし、次に投光手段10および撮像手段20の配置から決まる幾何計算によりビード形状(プロフィール)を算出するものである。ここで、プロフィールとは、電縫溶接管の内面または外面の輪郭形状のことで、ビード部を含む管表面の形状データは、その一部を切り取ったものである。また、画像処理手段としては一般に細線化処理を行えるものとして知られているものを用いればよいが、好適には発明者らが特願2002-128497において提案した細線化手段を用いるのが望ましい。

【 0 0 2 7 】

前記データ処理装置40は、図2に、その内部構成を示す如く、頂点位置設定回路100と、ビード範囲設定回路110と、ビード形状近似回路120と、素

管形状近似回路 1 3 0 と、ビード範囲再設定回路 1 4 0 と、特徴量算出回路 1 5 0 とを備えている。

【 0 0 2 8 】

以下、データ処理装置 4 0 内部の各部について説明する。

【 0 0 2 9 】

前記頂点位置設定回路 1 0 0 は、前記のようにして算出されるビード部を含む管表面の形状データからビードの頂点位置を設定する。これは作業者がビード部を含む管表面の形状データから判断して手入力しても良いが、より好適には、ビード部を含む管表面の形状データの中で高さの最大値を示す位置を求めればよい。さらに、適宜加重平均等の演算による処理を加えて算出するようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

前記ビード範囲設定回路 1 1 0 は、同じく前記のようにして算出されるビード部を含む管表面の形状データからビード範囲を設定する。これも、作業者がビード部を含む管表面の形状データから判断してビード部左右両端の境界を手入力し、左右両境界の中間に相当する領域をビード範囲として設定しても良く、あるいは特許文献 3 に開示されているように隣接する形状データの差に基づいて立上がり位置を検出するようにしてもよいが、より好適には、頂点位置設定回路 1 0 0 が出力するビードの頂点位置を中心として予め設定するビード幅を半分ずつ振り分けるか、発明者らが特願 2 0 0 2 - 2 7 7 8 0 2 にて提案している、電縫溶接管の溶接ビード形状検出方法に開示した方法に従って設定するのが良い。

【 0 0 3 1 】

前記ビード形状近似回路 1 2 0 は、前記のように設定するビード範囲を頂点の左側 $x_l < x < x_c$ 、右側 $x_c < x < x_r$ の 2 つに分け、それぞれの範囲におけるビード部の形状を所定の関数で近似し、その関数をビード部の左右それぞれの形状について決定するものである。その好適な方法については下記の実施例の動作の項で説明する。

【 0 0 3 2 】

前記素管形状近似回路 1 3 0 は、前記のようにして設定したビード範囲の形状

データを、ビード部を含む管表面の形状データから除いた管表面の形状データと、冪関数等の所定の形の関数で近似しその関数の各係数等具体的パラメータを算出するものである。その好適な方法については下記の実施例の動作の項で説明する。

【 0 0 3 3 】

前記ビード範囲再設定回路 1 4 0 は、上記のようにして決定された左右それぞれのビード形状の近似関数、素管形状の近似関数の値が交差する位置をビード部と素管部の境界位置として認識し直すものであり、関数値演算回路と比較器から構成することができる。

【 0 0 3 4 】

前記特徴量検出回路 1 5 0 は、上記のように算出したビード範囲、頂点位置、左右それぞれのビード形状の近似関数、素管形状の近似関数、ビード部を含む管表面の形状データより、ビードの幅、高さ、左右の立上がり角、左右のビード部と素管部の境界の段差を算出するものである。

【 0 0 3 5 】

前記表示装置 5 0 は、前記特徴量検出回路 1 5 0 が検出するビード形状の特徴量を表示する。これはそれぞれの値を数値や棒グラフで時々刻々更新して表示しても良いが、好適にはビード部を含む管表面の形状データやそれぞれの特徴量をタイムチャートとして表示するのもよい。

【 0 0 3 6 】

また、前記特徴量検出回路 1 5 0 の出力を図示しない通信ポートや外部出力回路により、これも図示しないレコーダーやビジネスコンピュータ等に適切な時間間隔で出力し、データを蓄積するようにしてもよい。

【 0 0 3 7 】

次に、本実施例の動作について説明する。

【 0 0 3 8 】

図 3 は、撮像手段 2 0 が撮像した、ビード部を含む管表面の範囲をカバーする投光手段であるスリット光源 1 0 の光切断像であり、これをビード形状算出手段 3 0 により細線化処理して表示装置 5 0 上の座標に変換した結果が、図 4 のよう

なビード部を含む管表面の形状データである。図4に書き込んだ矢印は、それぞれ頂点位置設定回路100、ビード範囲設定回路110が算出したビード範囲、頂点位置のx座標を示している。本実施例において頂点位置算出は、ビード部を含む管表面の形状データ列 (x_i, z_i) ($i = 0, \dots, N-1$)に対して所定のビード範囲を定義域とするビード部を含む管表面形状データ (x_i, z_i) ($i = i_L, \dots, i_R$)の加重平均

【数1】

$$x_c = \frac{\sum_{i=i_L}^{i_R} x_i \cdot z_i}{\sum_{i=i_L}^{i_R} z_i}$$

により、 $x_c = -0.0781$ と算出した値を用い、ビード範囲の設定は予め設定した概略のビード幅 $W_0 = 4\text{mm}$ を用いて、

$$x_L = x_c - W_0 / 2 = -2.0781\text{mm}$$

$$x_R = x_c + W_0 / 2 = 1.9029\text{mm}$$

とした。ここで、 i_L 、 i_R はそれぞれビード範囲の左端、右端に相当する形状データのアドレスである。また、以下で用いる i_c は、前記のように求められた x_c に相当する形状データ列のアドレスである。

【0039】

ビード形状近似回路120は、前記のようにして設定したビードの左半分（左側の境界 $x = x_{i_L}$ から頂点 $x = x_{i_c}$ まで）、右半分（頂点 $x = x_{i_c}$ から右側の境界 $x = x_{i_R}$ まで）について、下記の E_L 、 E_R をそれぞれ最小化する関数 $f_L(x)$ を算出する。

【0040】

【数2】

$$E_L = \sum_{i=i_L}^{i_c} (z_i - f_L(x))^2 \rightarrow \min$$

$$E_R = \sum_{i=i_c}^{i_R} (z_i - f_R(x))^2 \rightarrow \min$$

【0041】

ここで、左半分と右半分で以下に説明する処理は同じになるため、以降、代表して、和記号等はビードの左側半分についてだけ説明する。また、ビード部の左右それぞれの形状データの近似関数としては、円弧、多項式等を用いても良いが、本実施例では好適例として、次のように定義される線分の集合体を用いた。

【0042】

【数3】

$$f_L(x) = \begin{cases} a_{L1}x + b_{L1} & x_{i_L} \leq x < x_{i_{p1}} \\ \vdots & \vdots \\ a_{Lj}x + b_{Lj} & x_{i_{pj-1}} \leq x < x_{i_{pj}} \\ \vdots & \vdots \\ a_{Ln}x + b_{Ln} & x_{i_{pn-1}} \leq x < x_{i_c} \end{cases}$$

【0043】

ただし、 n は線分の本数であり、 i_{p1}, \dots, i_{pn} は $i_L < i_{p1} < \dots < i_{pj} < \dots < i_{pn-1} < i_c$ を満たす連結点のアドレスである。連結点の個数、すなわち線分の本数は任意に設定してよいが、演算時間を考慮して本実施例では $n=2$ とした。従って、本実施例では連結点が1つであるので、以降では $p1$ は p と添字を省略して表記することがある。

【0044】

さて、この場合、 $f_L(x)$ を算出するには、 a_{L1} 、 b_{L1} 、 a_{L2} 、 b_{L2} 、 x_{p1} の5つのパラメータに関する E_L の最小値問題を解くことになるが、これは下記のようなステップに分けることにより算出できる。

【0045】

(1) まず x_p を固定して、その場合についての a_{L1} 、 b_{L1} 、 a_{L2} 、 b_{L2} を算出する。その場合、データの集合 (x, z) に対する直線の最小二乗回帰であるから代数的に求めることができ、

【数 4】

$$a_{L1} = \frac{\sum_{i=i_L}^{i_p} 1 \sum_{i=i_L}^{i_p} x_i z_i - \sum_{i=i_L}^{i_p} x_i \sum_{i=i_L}^{i_p} z_i}{\sum_{i=i_L}^{i_p} x_i^2 \sum_{i=i_L}^{i_p} 1 - \left(\sum_{i=i_L}^{i_p} x_i \right)^2}, \quad b_{L1} = \frac{-\sum_{i=i_L}^{i_p} x_i \sum_{i=i_L}^{i_p} x_i z_i + \sum_{i=i_L}^{i_p} x_i^2 \sum_{i=i_L}^{i_p} z_i}{\sum_{i=i_L}^{i_p} x_i^2 \sum_{i=i_L}^{i_p} 1 - \left(\sum_{i=i_L}^{i_p} x_i \right)^2}$$

$$a_{L2} = \frac{\sum_{i=i_p}^{i_o} 1 \sum_{i=i_p}^{i_o} x_i z_i - \sum_{i=i_p}^{i_o} x_i \sum_{i=i_p}^{i_o} z_i}{\sum_{i=i_p}^{i_o} x_i^2 \sum_{i=i_p}^{i_o} 1 - \left(\sum_{i=i_p}^{i_o} x_i \right)^2}, \quad b_{L2} = \frac{-\sum_{i=i_p}^{i_o} x_i \sum_{i=i_p}^{i_o} x_i z_i + \sum_{i=i_p}^{i_o} x_i^2 \sum_{i=i_p}^{i_o} z_i}{\sum_{i=i_p}^{i_o} x_i^2 \sum_{i=i_p}^{i_o} 1 - \left(\sum_{i=i_p}^{i_o} x_i \right)^2}$$

である。

【0 0 4 6】

(2) 上記で算出した a_{L1} 、 b_{L1} 、 a_{L2} 、 b_{L2} を用いて、 $x = x_p$ の場合の近似誤差 $E(x_p)$ を算出する。

【0 0 4 7】

【数 5】

$$E(x_p) = \sum_{i=i_L}^{i_o} (z_i - f_L(x))^2$$

$$= \sum_{i=i_L}^{i_p} (z_i - a_{L1}x_i - b_{L1})^2 + \sum_{i=i_p}^{i_o} (z_i - a_{L2}x_i - b_{L2})^2$$

【0 0 4 8】

(3) 上記の (1)、(2) の演算をすべての

【数 6】

$$i_p \in [i_L, i_R]$$

に対して実行し、 $E(x_{ip})$ が最小となる x_{ip} が求める連結点である。

【0 0 4 9】

(4) 上記で算出した x_{ip} に対応した $f_L(x)$ を、当該ビード部を含む管表

面の形状の近似関数とする。

【0050】

(5) 頂点位置よりも右側のビード形状の近似関数についても同様に、上記の(1)～(4)において、 i_L を i_c に、 i_c を i_R におきかえて同様の演算を実行すればよい。

【0051】

そして、図5は、図4のビード部を含む管表面の形状データのうちの頂点位置よりも左側の形状データに関して、各 x_p と上記近似誤差 $E(x_p)$ の関係をプロットした例であるが、図のように $x_p = -0.7031$ において最小値をとっており、これにより、当該左側のビード形状の近似関数を、

【数7】

$$f_L(x) = \begin{cases} 1.0586x - 3.76155 & -2.0781 \leq x < -0.7031 \\ 0.12345x + 6.789 & -0.7031 \leq x < 0.07813 \end{cases}$$

と決定できる。

【0052】

素管形状近似回路130は、ビード部を含む管表面の形状データのうち、ビード部を除く範囲に対して、近似関数 $f_p(x)$ を算出する。この近似関数 $f_p(x)$ としては、円、楕円を用いてもよいが、冪関数、中でも2次以上の偶数次多項式を近似曲線として用いるのが好ましい。

【0053】

図6は、この根拠を説明するために、円の上半分の曲線を2次、4次、6次、8次の多項式で回帰した場合の多項式の次数と近似誤差のRMS（二乗平均の平方根）の関係を表したグラフであり、図より、2次以上の偶数次多項式、好適には4次以上の偶数次多項式により、楕円の形状を十分な精度で回帰できることが示されている。したがって本実施例では4次関数で近似を行うこととした。具体的には、図4のビード部を含む管表面の形状データの座標範囲

【数 8】

$$x \in D = \{[x_0, x_L] \cup [x_R, x_N]\}$$

に関して、次のように定義される誤差の二乗和

【数 9】

$$J = \sum_{x \in D} \{z - f_p(x)\}^2 \rightarrow \min$$

が最小となる 4 次関数

【数 1 0】

$$z = f_p(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4$$

の係数を算出する。これは代数的に解くことができ、

【数 1 1】

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} = \text{inv} \left(\sum_{x \in D} \begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 & x^4 \\ x & x^2 & x^3 & x^4 & x^5 \\ x^2 & x^3 & x^4 & x^5 & x^6 \\ x^3 & x^4 & x^5 & x^6 & x^7 \\ x^4 & x^5 & x^6 & x^7 & x^8 \end{bmatrix} \right) \sum_{x \in D} \begin{bmatrix} z \\ zX \\ zX^2 \\ zX^3 \\ zX^4 \end{bmatrix}$$

により算出する（ただし、 $\text{inv}(A)$ は行列 A の逆行列を表す）。本実施例においては、上式により、

$$\begin{aligned} f_p(x) = & 1.60921 + 0.055776x - 0.02129x^2 - 0.00015x^3 \\ & + 0.000057x^4 \end{aligned}$$

と算出できた。

【 0 0 5 4 】

ビード範囲再設定回路 1 4 0 は、上記のようにして算出した左右それぞれのビード形状の近似関数 $f_L(x)$ 、 $f_R(x)$ 、および素管形状の近似関数 $f_p(x)$ の交点を算出し、算出された左右両交点の中間に相当する領域を新たなビード範囲 (x_L', x_R') として出力する。

【 0 0 5 5 】

本実施例において算出された $f_L(x)$ 、 $f_R(x)$ 、 $f_p(x)$ は図 7 のようになり、ビード範囲再設定回路は、

$$x_{L'} = -2.2266, x_{R'} = 3.5938$$

を出力した。なお、図 7 において破線でプロットされているのは、図 4 と同じビード部を含む管表面の形状データである。

【 0 0 5 6 】

特徴量検出回路 1 5 0 は、上記のように算出したビード範囲、頂点位置、左右それぞれのビード形状の近似関数、素管形状の近似関数、ビード部を含む管表面形状データより、ビードの高さ H 、幅 W 、左右のビード部の立上がり角度 θ_L 、 θ_R 、左右のビード部の境界の段差 Δ を算出する。

【 0 0 5 7 】

それぞれの特徴量の好適な決定方法として、本実施例では、

- ・ビードの幅 W : ビード範囲再設定回路が出力する左右のビード境界の管周方向位置の間隔
 - ・ビードの高さ H : ビード頂点位置におけるビード部を含む管表面の形状データと素管形状の近似関数の値の差
 - ・ビードの立上がり角 θ_L 、 θ_R : 左右それぞれのビード形状の近似関数と素管形状の近似関数の境界における微分係数により定義されるそれぞれの傾きの逆正接
 - ・ビード部と素管部の左右境界の段差 Δ : ビード範囲再設定回路 1 4 0 が出力する左右のビード境界位置における左右それぞれのビード形状の近似関数と素管形状の近似関数の値の差
- なる定義に従って算出した。

【 0 0 5 8 】

ビードの立上がり角の算出方法について更に詳細に説明する。一例として、左側のビードの立上がり角の算出手順を説明すると、上記素管形状の近似関数 $f_p(x)$ および左側のビード形状の近似関数 $f_L(x)$ の $x = x_{iL}$ における傾きベクトル v_p , v_L は

【数 1 2】

$$v_p = (1, f'_p(x_L)) = (1, a_1 + 2a_2x_L + 3a_3x_L^2 + 4a_4x_L^3) = (1,)$$

$$v_L = (1, f'_L(x_L)) = (1, a_{L1}) = (1,)$$

であるから、両者のなす角 θ_L に関して、

【数 1 3】

$$\begin{aligned} \cos \theta_L &= \frac{v_L \cdot v_p}{|v_L| |v_p|} = \frac{1 + f'_p(x_L) f'_L(x_L)}{\sqrt{1 + (f'_p(x_L))^2} \sqrt{1 + (f'_L(x_L))^2}} \\ &= \frac{1 + (a_1 + 2a_2x_L + 3a_3x_L^2 + 4a_4x_L^3) a_{L1}}{\sqrt{1 + (a_1 + 2a_2x_L + 3a_3x_L^2 + 4a_4x_L^3)^2} \sqrt{1 + a_{L1}^2}} \end{aligned}$$

により、 θ_L を算出する。

【 0 0 5 9 】

θ_R についても、上記と同様にして算出する。

【 0 0 6 0 】

本実施例においては、上記のような定義により、

$$\text{ビードの幅(mm)} \quad W = x_R - x_L = 5.8204$$

ビードの高さ(mm) $H = Z(x_c) - f_p(x_c) = 2.9150$

左側ビードの立上がり角度(deg) $\theta_L = 38.335$

右側ビードの立上がり角度(deg) $\theta_R = 21.392$

左右ビード境界の段差(mm) $\Delta = |f_p(x_L) - f_p(x_R)| = 0.157$

6

と算出できた。

【0061】

【発明の効果】

本発明によれば、光学的手法によって検出するビード部を含む管表面の形状データに基いて電縫溶接管のビード形状の特徴量を算出するようにしたので、溶接部の透磁率変化の影響等を受けずにビード形状を検出することができる。

【0062】

また、ビードの立上がり角が急峻であるとか、ビードの形状が台形であるといった仮定を行わずに、ビード形状の特徴量を算出するようにしたので、ビードの立ち上がりが非常に滑らかな場合やビードの高さが低い場合、ビードの高さが長手方向でばらついている場合、あるいはビード形状が三角形や台形から外れた場合や切り立っているような場合でも、正確にビード形状を検出することができる。

【0063】

さらに、本発明によれば、ビード形状データの微分演算を行うことなくビード形状の特徴量を算出するようにしたので、形状データにぎざぎざ状のノイズが乗っているような場合でも、その影響を受けず、また、ビード位置の誤検出や立上がり角算出の誤差が大きくなることなく正確にビード形状を検出することができる等、電縫管の溶接ビード形状の特徴量定量化において優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明にかかる電縫溶接管のビード形状検出装置の要部の構成を示す概略図

【図2】

ビード形状算出手段を構成する回路群の構成を示すブロック図

【図 3】

ビード部を含む電縫管表面の光切断画像の例を示す図

【図 4】

本発明にかかる光切断画像を細線化処理したビード部を含む電縫管表面の形状データを示す図

【図 5】

図 4 のビード部を含む管表面の形状データのうちの頂点位置よりも左側の形状データに関して、各 x_p と上記近似誤差 $E(x_p)$ の関係をプロットした図

【図 6】

円の上半分の曲線を 2 次、4 次、6 次、8 次の多項式で回帰した場合の多項式の次数と近似誤差の RMS（二乗平均の平方根）の関係を表した図

【図 7】

本発明にかかるビード形状検出方法の実施例において、ビード形状近似回路が算出した左右のビード形状の近似関数 $f_L(x)$ 、 $f_R(x)$ 、および素管形状近似回路が算出した素管形状の近似関数 $f_p(x)$ を、ビード部を含む管表面の形状データとともにプロットした図

【符号の説明】

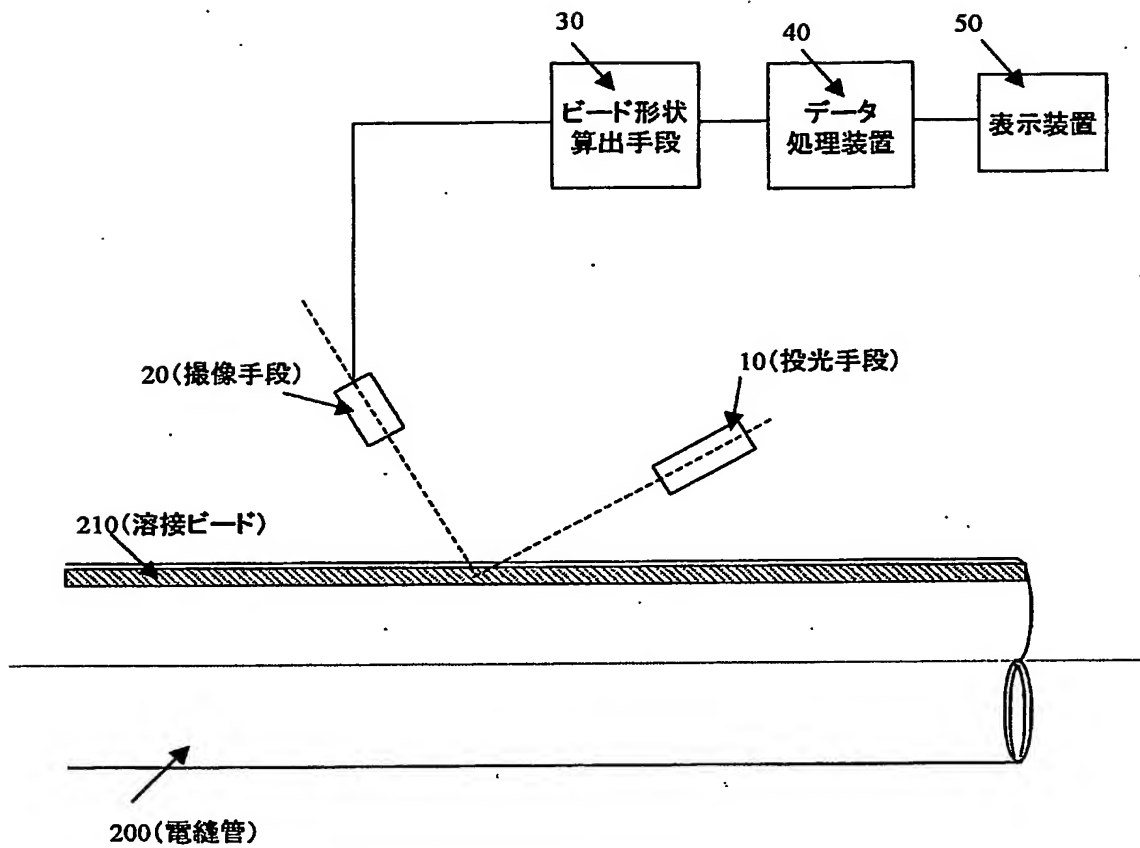
- 1 0 … 投光手段（光源）
- 2 0 … 撮像手段（カメラ）
- 3 0 … ビード形状算出手段
- 4 0 … データ処理装置
- 5 0 … 表示装置
- 1 0 0 … 頂点位置設定回路
- 1 1 0 … ビード範囲設定回路
- 1 2 0 … ビード形状近似回路、
- 1 3 0 … 素管形状近似回路
- 1 4 0 … ビード範囲再設定回路
- 1 5 0 … 特徴量算出回路
- 2 0 0 … 電縫管

特 2 0 0 2 - 3 4 8 6 4 9

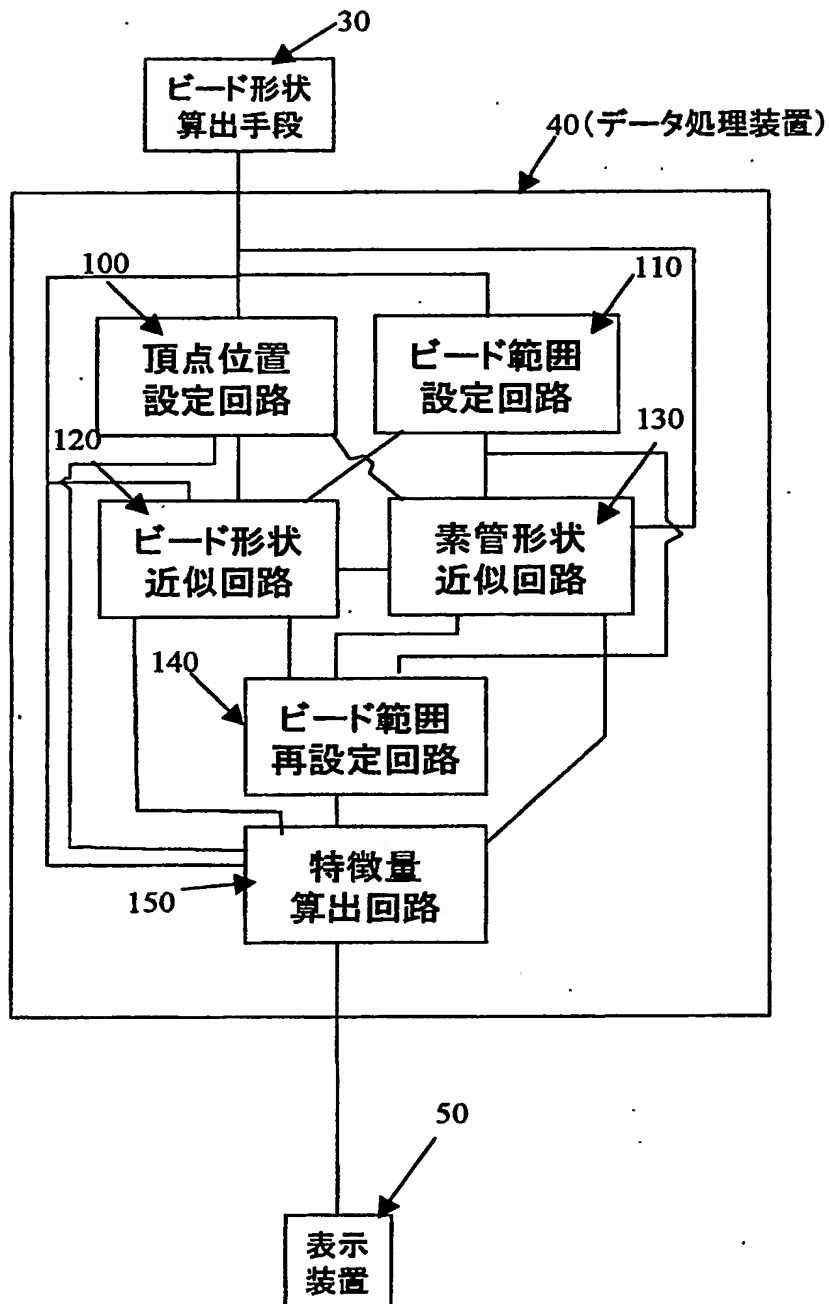
2 1 0 ... 溶接ビード

【書類名】 図面

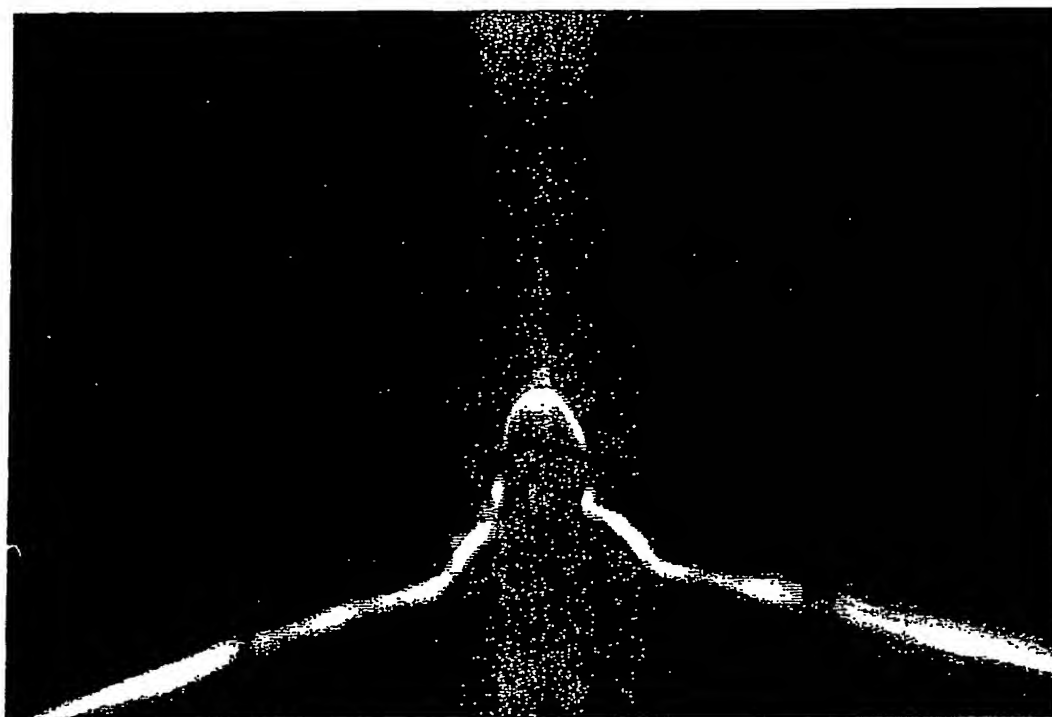
【図1】



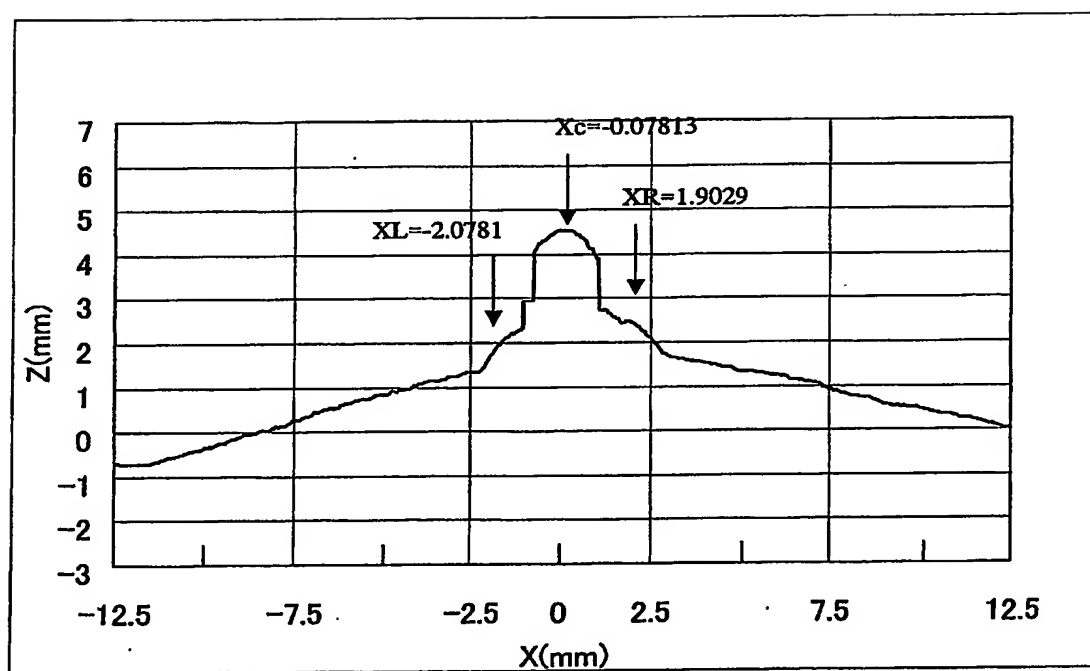
【図 2】



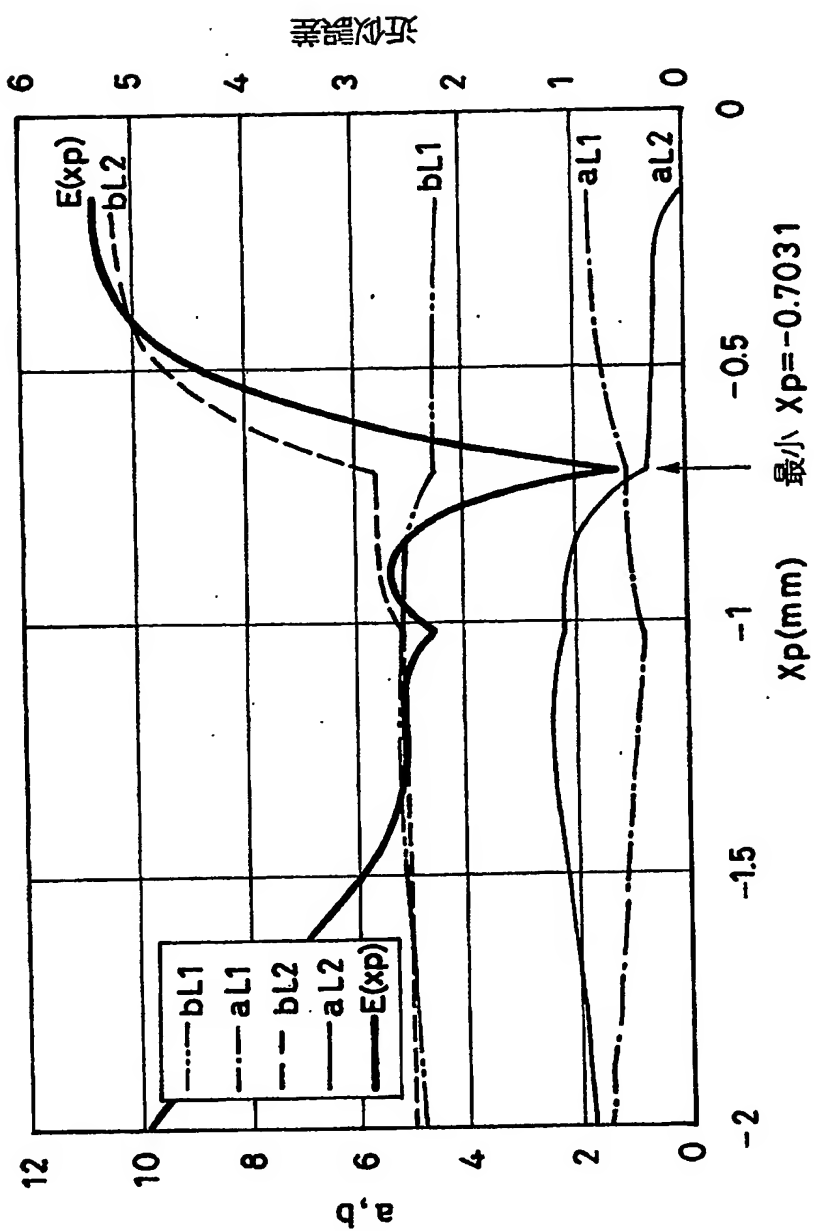
【図3】



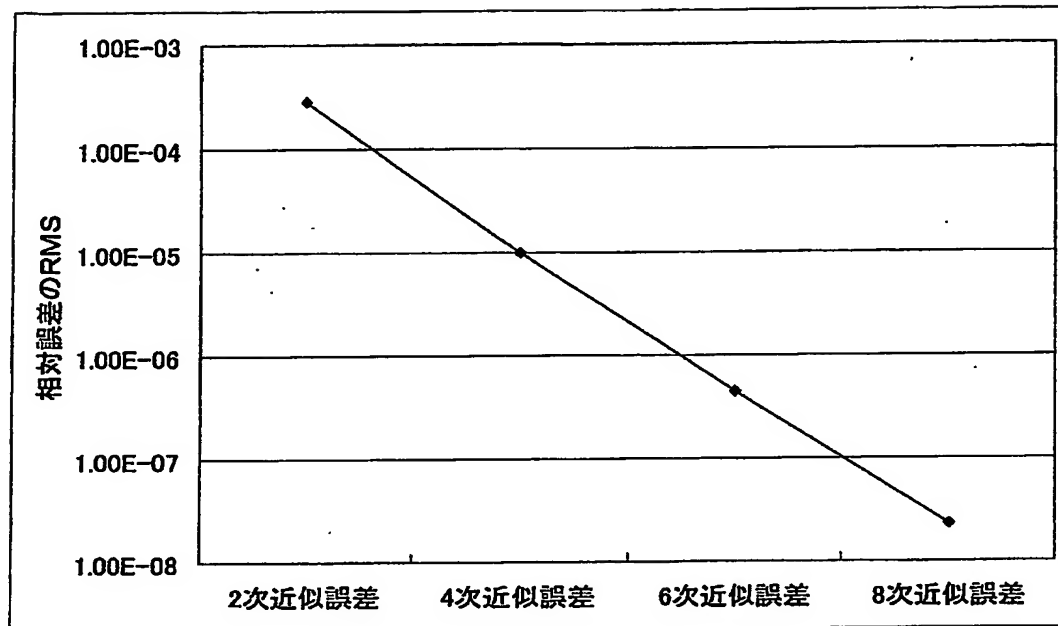
【図4】



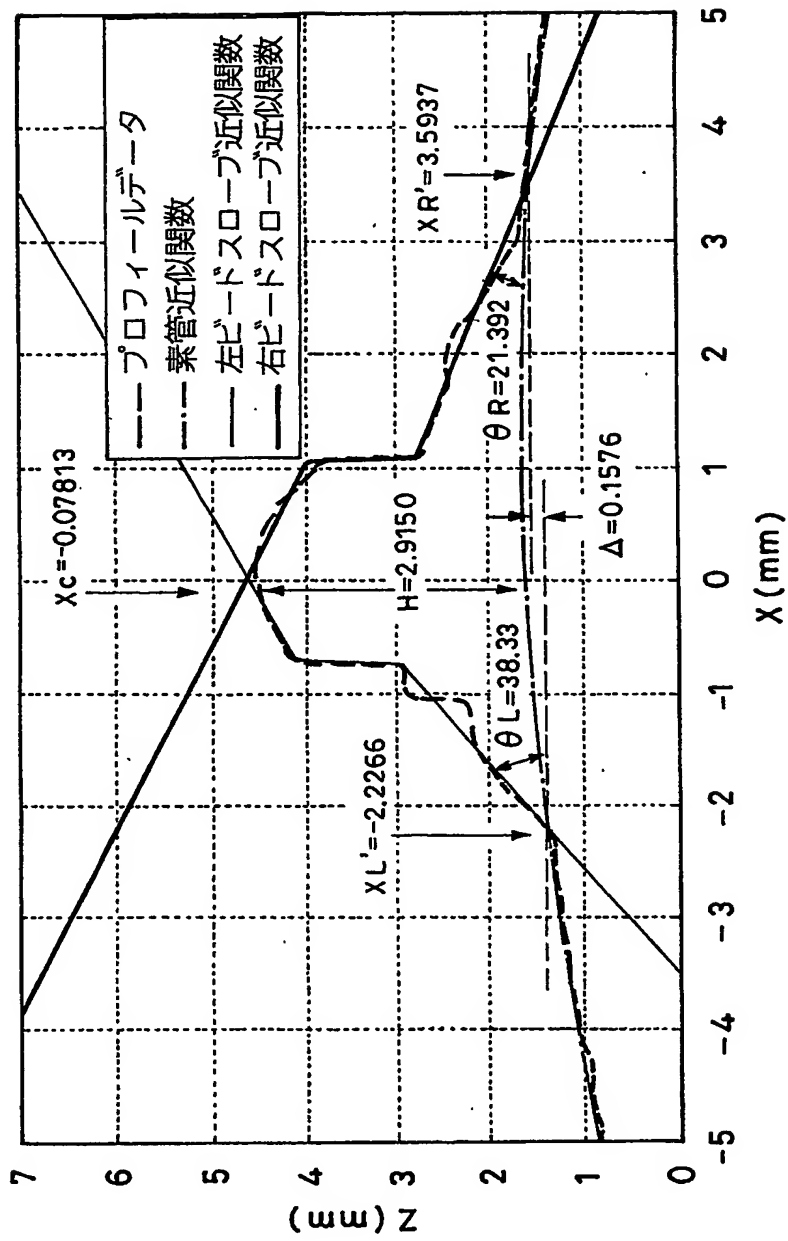
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光切断法により検出される電縫溶接管の形状データから、精度よくビード形状を検出する。

【解決手段】 画像処理の結果算出したビード部を含む管表面の形状データに対し、予め設定したビード部左右両端の境界と、別途算出したビード部の頂点位置とにより、ビード部に相当する部分の管表面の形状データを求め、該ビード部に相当する部分の管表面の形状データを左右2つの領域に分け、左右それぞれの形状データについて、関数により近似して左右それぞれのビード形状の近似関数を求め、さらに、ビード部を含む管表面の形状データからビード部に相当する部分の管表面の形状データを除いた素管形状データについて、関数により近似して素管形状の近似関数を求め、前記左右それぞれのビード形状の近似関数と、前記素管形状の近似関数とに基づいてビードの幅、高さ、立上がり角、ビード部と素管部の左右境界の段差をそれぞれ算出する。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001258]

1. 変更年月日 1990年 8月13日
[変更理由] 新規登録
住 所 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号
氏 名 川崎製鉄株式会社
2. 変更年月日 2003年 4月 1日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
氏 名 JFEスチール株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.